

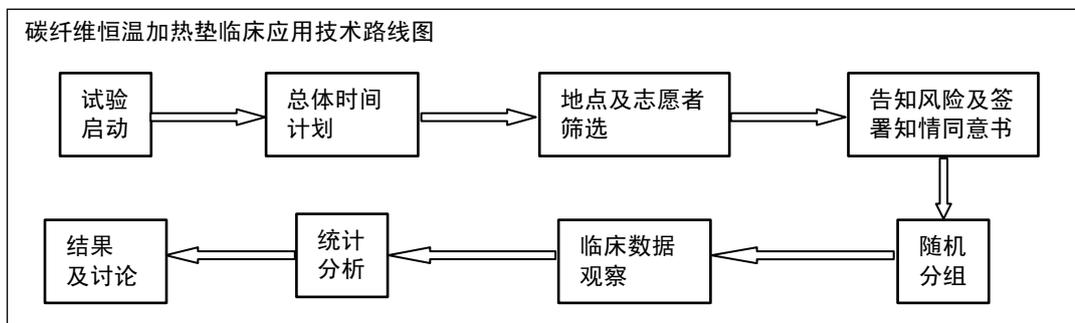
医用碳纤维恒温加热垫的设计与制作

闫鹏, 母心灵, 郑卫东, 崔京福, 刘金辉, 马玉斐, 高旭, 郝少飞, 杜鹃(郑州市第一人民医院脊柱外科, 河南省郑州市 450004)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.1634

ORCID: 0000-0002-4251-7847(闫鹏)

文章快速阅读:



闫鹏, 男, 1980年生, 吉林省通化市人, 汉族, 博士, 博士后, 副主任医师, 主要从事脊髓损伤与修复研究。

通讯作者: 闫鹏, 郑州市第一人民医院脊柱外科, 河南省郑州市 450004

文献标识码: B

稿件接受: 2018-12-01



文题释义:

围术期低体温: 目前尚无统一定义, 一般认为是围术期因各种因素导致的中心体温低于 36 °C 即可称为围术期低体温, 发病率目前文献报道在 20%~70% 之间不等, 围术期体温的降低会导致很多相应临床并发症的发生。
寒战: 是骨骼肌在受到某种刺激时产生的肌纤维收缩, 从而增加机体产热量并升高体温的反应, 这是一种机体自我保护性应激反应, 主要表现为肌痉挛和肌强直、战栗和不自发的发抖。寒战是手术后患者常见的并发症之一, 目前临床报道发生率为 5%~65%, 寒战时肌束颤动能使患者产生不适合痛苦感并增加焦虑程度, 严重者可加重病情, 干扰生命体征检测, 甚至导致麻醉意外。

摘要

背景: 有研究指出, 围术期低体温可增加凝血病、酸中毒、脑卒中、脓毒症、肺炎、心肌梗死等的发生, 因此围术期监测和维持正常体温具有重要意义。

目的: 为了预防围术期患者低体温, 降低并发症, 设计了医用碳纤维恒温加热垫。

方法: 将碳纤维发热技术与医用设备标准相结合, 并融入多种先进技术, 该设计主要由电源控制系统、调控面板、计算机辅助电路控制系统、PWM 调节及输出、数个独立加热区加热垫、温度调节及测量系统等部分构成。将郑州市第一人民医院接受硬膜外麻醉的 200 例手术患者随机分 2 组, 每组 100 例: 观察组术中采用碳纤维恒温加热垫保温(调节温度 38~40 °C), 对照组采用普通棉被保温, 监测两组术前、麻醉后 10 min、麻醉后 30 min、麻醉后 60 min 和术后 2 h 的体温及寒战情况。

结果与结论: ①该加热垫具有防爆、电源净化、屏蔽隔离、输出保护、计算机控制、PWM 调制等特点; ②临床应用中, 观察组未出现皮肤刺激与皮肤过敏反应; ③手术过程中, 观察组体温较为平稳, 波动较小, 术后 2 h 与术前体温比较差异无明显差异($P > 0.05$); 对照组体温波动较为明显, 呈明显下降趋势, 术后 2 h 与术前体温比较差异显著($P < 0.05$); 观察组麻醉后 10 min、麻醉后 30 min、麻醉后 60 min 和术后 2 h 的体温高于对照组($P < 0.05$); ④对照组术后寒战发病率显著高于观察组(18%, 5%, $P < 0.05$); ⑤结果表明, 该医用碳纤维恒温加热垫技术先进, 使用安全、可靠, 为临床中预防患者围手术寒战提供了一种新的方式。

关键词:

医用; 碳纤维; 恒温; 加热垫; 设计; 制作; 生物材料

主题词:

寒战; 体温; 围手术期护理; 组织工程

中图分类号: R459.9; R339.6

基金资助:

吉林省卫生厅科研项目(2013Z036), 项目负责人: 闫鹏

Yan Peng, MD, Associate chief physician, Department of Spinal Surgery, Zhengzhou First People's Hospital, Zhengzhou 450004, Henan Province, China

Corresponding author:

Yan Peng, Department of Spinal Surgery, Zhengzhou First People's Hospital, Zhengzhou 450004, Henan Province, China

Design and manufacture of medical carbon fiber thermostatic heating pads

Yan Peng, Mu Xinling, Zheng Weidong, Cui Jingfu, Liu Jinhui, Ma Yufei, Gao Xu, Hao Shaofei, Du Juan (Department of Spinal Surgery, Zhengzhou First People's Hospital, Zhengzhou 450004, Henan Province, China)

Abstract

BACKGROUND: It has been pointed out that perioperative hypothermia can increase the incidence of coagulation, acidosis, stroke, sepsis, pneumonia and myocardial infarction, so it is of great significance to monitor and maintain normal body temperature during perioperative period.

OBJECTIVE: To design a medical carbon fiber thermostatic heating pad to prevent perioperative hypothermia

and reduce complications.

METHODS: The carbon fiber heating technology and medical equipment standard are combined and integrated into many advanced technologies. The system mainly consisted of power supply conversion, operation system, computer control system, PWM control and output, various heating pads and temperature controlling measurement system. A total of 200 patients undergoing epidural anesthesia in Zhengzhou First People's Hospital were randomly divided into two groups: the observation group ($n=100$) was treated with the medical carbon fiber thermostatic heating pad (adjusting temperature 38-40 °C), and the control group ($n=100$) with common quilt. The body temperature and shivering were monitored before operation, 10, 30 and 60 minutes after anesthesia, and 2 hours after operation.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The heating pad had the characteristics of explosion proof, power purification, shielding isolation, output protection, computer control, and PWM modulation. (2) In clinical application, there was no skin irritation and skin allergy reaction in the observation group. (3) During operation, the body temperature of the observation group was relatively stable, and there was no significant difference in the body temperature in the observation group before and at 2 hours after operation ($P > 0.05$). However, the fluctuation of body temperature in control group was visible and showed a downward trend, and the body temperature in the control group showed a significant difference before and 2 hours after operation ($P < 0.05$). The body temperature of 10, 30, 60 minutes after anesthesia and 2 hours after operation was significantly higher in the observation group than the control group ($P < 0.05$). (4) The postoperative incidence of shivering in the control group was significantly higher than that in the observation group (18% vs. 5%, $P < 0.05$). To conclude, the medical carbon fiber thermostatic heating pad is advanced in technology, safe and reliable in use, providing a new way for the prevention of perioperative shivering.

Subject headings: Shivering; Body Temperature; Perioperative Nursing; Tissue Engineering

Funding: the Scientific Research Project of Jilin Provincial Health Bureau, No. 2013Z036 (to YP)

0 引言 Introduction

寒战是骨骼肌在受到某种刺激时产生的肌纤维收缩, 从而增加机体产热量并升高体温的反应, 这是一种机体自我保护性应激反应, 主要表现为肌痉挛和肌强直、战栗和自主的发抖^[1-2]。有研究表明围术期存在多种刺激因素, 例如精神压力过大、情绪不稳定、病房或手术室温度过低、围术期消毒液对皮肤产生的刺激、大量或快速静脉输注液体、术中长时间暴露、围术期疼痛等都是寒战的诱因^[3]。

寒战的危害性主要来自肌肉组织的收缩, 易产生缺氧或低氧血症、乳酸性酸中毒、心肌缺血, 使年老体弱、合并高血压、冠心病、肺功能下降及其他重要器官疾病等合并症的患者药物代谢缓慢, 手术风险升高^[4]; 此外, 寒战还能够干扰围术期诸多监测数据测量值, 例如动脉血气、血压及心率、心电图、中心静脉压、血氧饱和度等, 影响手术风险评估及术中、术后的病情评价; 寒战时亦可减少肝肾心脑等重要器官的血供, 增加耗氧量, 增加手术难度, 进而影响治疗效果^[5]; 寒战还可加重手术切口的疼痛, 进一步增加患者术后痛感, 影响切口愈合^[6], 因此在围术期应尽量避开寒战。

目前大量研究表明, 术中及术后复苏期给予患者升温毯保温, 可有效预防和减少围术期低体温的发生。目前, 国内市场可获得的升温毯品种较多, 主要包括各种类型电热毯、变温水毯及充气式加温毯等^[7]。其中各式电热毯相对性价比较高, 但因其存在安全隐患, 不适合临床推广使用。变温水毯以前常作为患者的优先选择, 其原理是: 利用水箱内循环加热的水与患者体表的温度产生温度差, 通过与患者体表接触的水毯直接传导热量, 从而调节患者体温。但是, 水循环保温毯对预防低体温及升温的临床效果值得商榷。有研究表明, 水循环保温毯对低体温没有预防效果, 因水毯与患者体表有效接触面积仅占患者总体表面积^[8]的16%, 且与患者接触面由于自身重力原因, 局部血管收缩、血流减少, 无法进行有效的热量传导交换, 同时存在热能产生的热损伤及压力引起的压疮等, 严重者可因电

路短路或变温调节系统失效造成严重烫伤, 故此方法亦不推荐作为临床使用。充气式加温毯利用毯里的输气软管和加温充气装置对接, 对保温毯进行充气加温, 从而为患者身体接触区域进行升温, 是目前较为流行的一种加温方式, 其具有方便、有效、相对安全等特点, 但性价比较低且温度控制欠精准等, 很难大面积临床应用。

国外同类产品目前临床使用率普遍较高, 产品分类及专业化程度较高, 甚至会根据不同患者的临床条件和自身情况个性化使用。德国和美国在此类技术研究及市场推广应用方面处于前沿位置, 在身体不同部位温度的监控速度和精准度、气孔排列结构优化设计及快速化、实时化、智能化控制等方面均取得了显著效果^[8]。国外产品设计技术虽然先进, 但想要引进国内进行临床推广却比较困难, 这其中最大的问题是费用昂贵, 目前一套进口加热毯售价约1万美元。

鉴于此, 课题组将碳纤维发热技术与医用设备标准相结合, 并融入多种先进技术, 设计了一款医用碳纤维恒温加热垫。

1 材料和方法 Materials and methods

1.1 设计 将碳纤维发热技术与医用设备标准相结合的研究。

1.2 方法

1.2.1 医用碳纤维恒温加热垫总体设计说明 见图1。附控制器尺寸: 长×宽×高=260 mm×155 mm×135 mm。该加热垫设计遵照2017年实施的医疗器械强制性行业标准(YY0952 2015)实施, 重视医用安全性及可靠性, 重点研究计算机控制系统, 单片机采用飞思卡尔系列, 确保其稳定性, 并根据国内医用加热毯的弊端, 融入多点测温、多路加热等功能, 缩小每个独立控制区域面积, 可使加热更均匀, 多点测温, 确保工作更可靠。

其他: ①防爆设计: 系统工作于医院等环境, 可防止发生高压氧爆炸等现象; ②电源净化: 采用专线电源及模

模块化设计, 这样的设计既可保证本设备正常使用也可避免对其余同电源设备造成干扰; ③屏蔽隔离: 避免本设备向外辐射干扰; ④输出保护: 出现过热、漏电等异常时, 切断输出; ⑤计算机控制: 系统采用单片机为控制核心, 确保温度控制的准确; ⑥PWM调制: 采用MOS管PWM输出, 使温度控制更加平稳。

1.2.2 医用碳纤维加热垫系统构成和电路 碳纤维恒温

加热垫系统构成, 见图2, 由电源控制系统、调控面板、计算机辅助电路控制系统、PWM调节及输出、数个独立加热区加热垫、温度调节及测量系统部分构成。

碳纤维恒温加热垫电路设计, 见图3, 采用专线电源及模块化设计, 这样的设计既可保证本设备正常使用也可避免对其余同电源设备造成干扰; 同时对设备进行电磁屏蔽处理, 阻断辐射干扰; 优化防爆设计, 使用更安全。

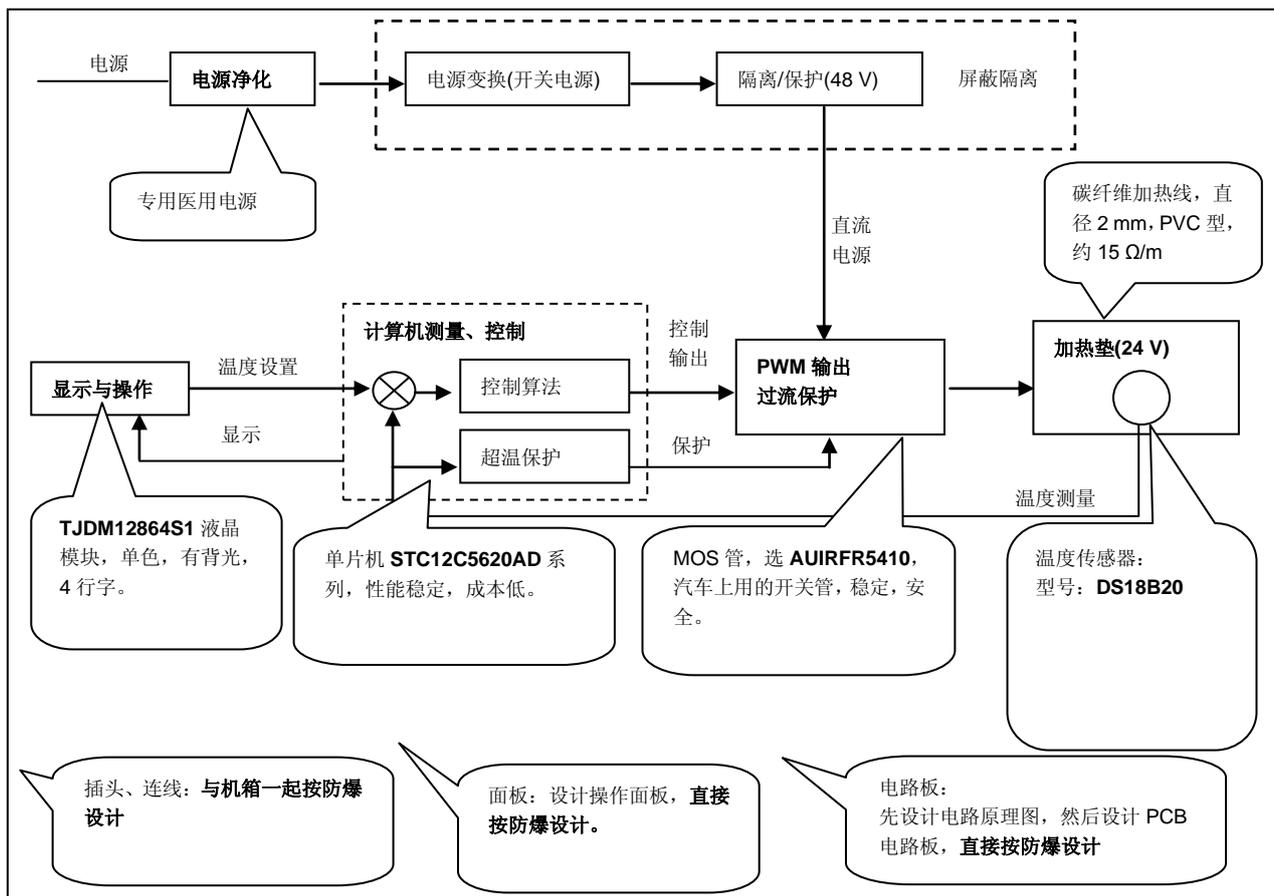


图 1 碳纤维恒温加热垫设计说明图

Figure 1 Design illustration of the medical carbon fiber thermostatic heating pad

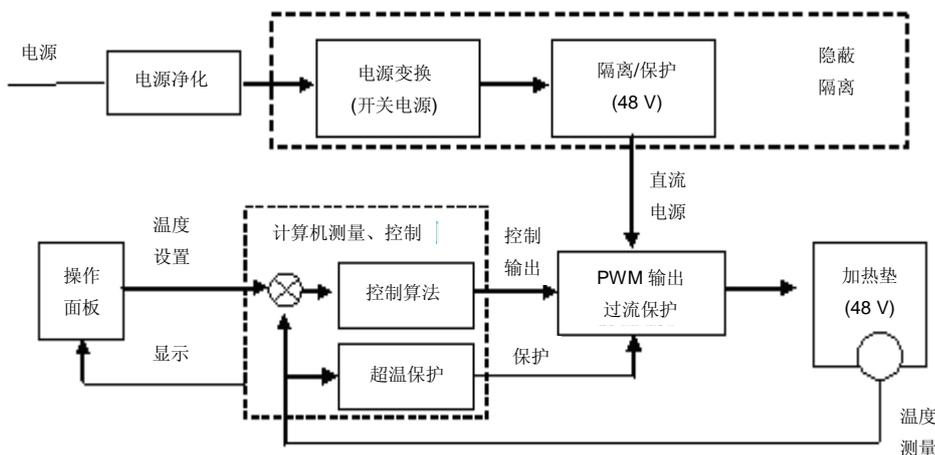


图 2 碳纤维恒温加热垫系统结构图

Figure 2 Structure diagram of the medical carbon fiber thermostatic heating pad system

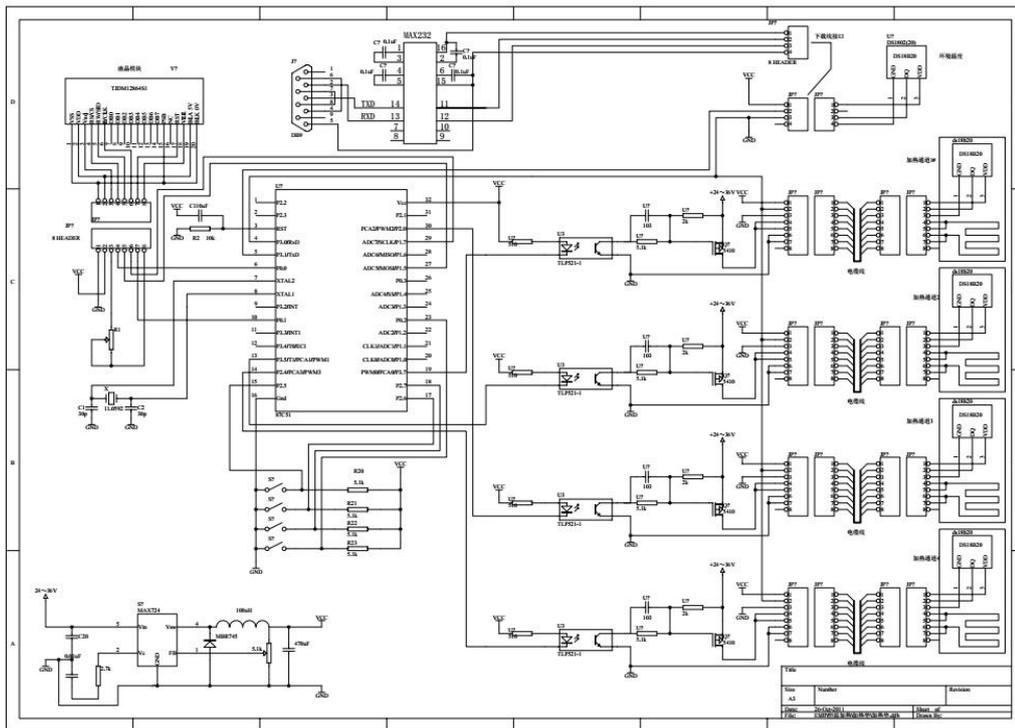


图3 医用碳纤维恒温加热垫电路图
Figure 3 Circuit diagram of the medical carbon fiber thermostatic heating pad

1.2.3 设计优势 见图4。①瞬时加热功率大，升温快：采用特制的碳纤维电阻丝作为产热源，电阻丝的热惯性小，产热较快，能量转换度高，环保节能；设备有效功率最高可达150 W，通电后可短时间内升温到目标温度；②分区控制，加热更加均匀，使用更舒适：加热垫分割成若干个独立单元，每个单元相互独立，分散控制，以确保散热面积及温度不同的区域能保持相对稳定的温度。避免铺在患者体表接触面下的部分过热，而盖在身体上部分温度不够这种情况的发生；③使用新材料碳纤维发热技术，使用更健康安全：碳纤维通电后通过碳原子的布朗运动，产生远红外线辐射加热并进行热传递，波长为5-20 μm的远红外线热可深入皮下组织，产生对人体极为有益的作用；④采用智能化温度传感器，测温更实时精确：系统可进行实时精准控温，并且调温范围广；精度误差可不大于0.1 ℃；调温范围：20.0-50.0 ℃(各个回路温度可单独设置)；⑤采用多种先进技术，系统可靠性高，经济耐用：采用单片机为控制核心，配以液晶显示屏，操作方便、直观；同时用MOS管控制输出，使得温度控制精确、平稳；环保安全，在同样的电流负荷面积下，碳纤维加热丝的强度比普通金属丝高6-10倍，在使用过程中不会轻易发生折断。由于碳纤维是网状发热体，即便有少数折断也不会影响整体通电发热；⑥采用多种安全保护措施，设备更加安全可靠：当出现过载、短路、漏电等特殊情况时，系统会自动断电。

1.2.4 临床应用测试 将加热垫应用到100例接受硬膜外麻醉的手术患者中，应用前所有患者均被告知风险并签署自愿使用知情同意书，观察其皮肤刺激(瘙痒或红肿及异物感等)或有无过敏反应。



图4 医用碳纤维恒温加热垫实物图
Figure 4 Medical carbon fiber thermostatic heating pad

选择郑州市第一人民医院2016年2月至2017年6月接受硬膜外麻醉外科择期手术患者200例，男女不限，年龄20-60岁，平均43.5岁。

纳入标准：所有患者要求术前体温正常，白细胞数正常，无特殊疾病史，无精神障碍史及家族性遗传病史；要求患者文化程度初中以上，无手术史，无酗酒史、吸毒史，无服用抗精神类药物史，术中均未接受输血治疗。

排除标准：年龄≤20岁或≥60岁患者；特殊手术体位患者；严重合并症患者；其他影响体温测定特殊疾病患者。

将200例患者随机分为观察组与对照组，每组100例。两组患者均全裸进入手术室，观察组患者采取碳纤维恒温加热垫保温(调节温度38-40 ℃)，对照组采用普通棉被保温，两组患者均无术前用药，术中液体温度均采用常温(20-21 ℃)，采用电子耳温计(台湾Surgifack公司产品)经鼓膜测量体温，观察两组患者术前及麻醉后10 min、30 min、60 min和术后2 h的体温及术寒战情况。

基于Wrench分级法对寒战程度进行分级：无寒战，用0级表示；无寒战而外围血管出现收缩或者汗毛竖起，用1

级表示; 一个肌肉群发生颤抖, 用2级表示; 多个肌肉群发生颤抖, 用3级表示; 整个躯体出现明显的抖动, 用4级表示^[9]。

1.3 主要观察指标 患者皮肤刺激(瘙痒或红肿及异物感等)或皮肤过敏反应, 以及体温及寒战情况。

1.4 统计学分析 数据结果采用SPSS 20.0软件进行统计处理, 计量数据采用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组间数据比较采用 t 检验, 取 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 200例患者均进入结果分析。

2.2 基线资料比较 两组患者年龄、性别、体质量、身高比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 两组术中输液量、出血量、手术时间比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表1。

表1 两组患者一般情况对比 ($\bar{x}\pm s$)
Table 1 Comparison of general conditions between the two groups of patients

指标	对照组	观察组	P 值
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	43.3±8.5	43.6±7.8	> 0.05
男/女(n)	64/36	59/41	> 0.05
身高($\bar{x}\pm s$, cm)	168±2	167±2	> 0.05
体质量($\bar{x}\pm s$, kg)	62.0±7.5	63.0±6.8	> 0.05
手术时间($\bar{x}\pm s$, min)	89±59	88±64	> 0.05
术中输液量($\bar{x}\pm s$, mL)	1 620±140	1 590±170	> 0.05
出血量($\bar{x}\pm s$, mL)	265±175	255±180	> 0.05

2.3 不良反应 所有患者均未见皮肤刺激及皮肤过敏反应, 上述结果均符合2017年实施的医疗器械强制性行业标准(YY0952 2015)及GB/T16886.1-2011生物学评价规定。

2.4 两组体温变化 两组患者术前体温比较差异无显著性意义($P > 0.05$); 观察组手术过程中体温较为平稳, 波动较小, 术后2 h体温与术前比较差异无显著性意义($P > 0.05$); 对照组手术过程中体温波动较为明显, 呈明显下降趋势, 术后2 h体温与术前比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 观察组麻醉后10, 30, 60 min及术后2 h的体温均高于对照组($P < 0.05$), 见表2。

表2 两组患者各时间段的体温比较 ($\bar{x}\pm s$, $n=100$, $^{\circ}\text{C}$)
Table 2 Comparison of body temperature between the two groups at different time points

组别	术前	麻醉后 10 min	麻醉后 30 min	麻醉后 60 min	术后 2 h
对照组	36.8±0.5	36.5±0.4	36.1±0.4	35.6±0.5	36.0±0.3
观察组	36.9±0.5	37.0±0.5	37.1±0.4	37.0±0.3	36.9±0.4
P 值	> 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

2.5 两组寒战发生情况 对照组术后发生寒战18例(18%), 观察组术后发生寒战5例(5%), 两组间寒战发生比较差异有显著性意义($P < 0.05$), 见表3。

表3 两组患者术后寒战发生情况比较

Table 3 Comparison of postoperative shivering between the two groups

组别	n	寒战程度(n)				寒战(n)	寒战发生率(%)
		1级	2级	3级	4级		
对照组	100	9	5	2	2	18	18
观察组	100	3	1	1	0	5	5

表注: 观察组寒战发生率低于对照组($P < 0.05$)。

3 讨论 Discussion

低体温($< 36^{\circ}\text{C}$)在接受麻醉的手术患者中较为常见。目前, 围术期体温过低被广泛定义为围术期体温低于 36.0°C , 据相关研究报道, 围术期低体温发生率在20%–70%之间^[10-11]。Sun等^[12]通过对58 814例非心脏手术患者的麻醉诱导时间-体温函数曲线研究发现, 在麻醉后的第1个小时, 患者核心体温通常下降约 1°C , 核心体温中值约为 35.8°C 。此外, 静脉麻醉药物的应用会影响体温调节中枢、抑制肌肉收缩功能、促进血管扩张及促进体温再分布, 是目前比较公认的造成患者术中体温下降的主要原因^[13]。这与作者观察到的临床数据相吻合。另外, 手术时间的长短、环境温度、术中输注液体温度及输血、围术期保温措施、围术期患者饮食及情绪等, 均可造成围术期低体温^[14-18]。

有研究指出, 围术期低体温往往与凝血病、酸中毒、脑卒中、脓毒症、肺炎、心肌梗死、手术部位感染、药物代谢改变和较长住院时间的感染发生率增加等相关, 在极端低温($< 32^{\circ}\text{C}$)时, 上述并发症风险增加约1倍^[19-23]。Reynolds等^[24]的研究发现, 热不适是患者围术期体温过低的一种常见后果, 即使是亚低温也会产生明显的热不适, 从而影响患者的舒适度及满意度。此外国外的一项研究中, 在低体温发生率及并发症方面, 采取主动保暖措施的患者较非主动保暖的患者有很大益处^[25]。因此, 围术期监测和维持正常体温对于患者康复具有重要意义。

目前, 临床上有各种不同的围术期取暖装置可供选择, 主要可分为皮肤表面的被动绝缘和主动保暖装置(包括液体、气体及血管内热交换器)。其中在被动式绝缘保暖装置中, 一层被动式隔热层可减少约30%的皮肤热量损失, 然而这一被动式隔热层不会主动地将热量传递到体内, 即使是通过添加几层额外的绝缘层也是如此^[26]。因此, 被动绝缘虽然可减少热损失, 但不会增加围术期体温的维持效益^[27]。另一方面, 在主动保暖装置中, 使用强制空气对皮肤进行对流变暖, 是迄今为止最常用和最有效的围术期保温设备。强制空气变暖特别有吸引力, 因为它易于使用, 价格便宜, 对大多数患者和手术有很好的成本/效益比^[28]。此外还可使用电阻加热或循环水进行导电加热, 国外有研究证明加热垫对于维持手术中的体温和强制空气变暖一样有效^[29]。作者将碳纤维发热技术与医用设备标准相结合并

融入多种先进技术,设计了一种用于预防围术期寒战的医用碳纤维恒温加热垫。经过测试与临床应用,该加热垫技术先进,使用便捷、安全、可靠,可显著改善患者围术期体温降低症状,为预防临床患者围术寒战提供了一种新的方案。但应该注意的是,有研究报道过加热垫在术后应用会造成手术切口处皮肤烧伤^[30],可能的机制为:手术切口处皮肤的神经连接被切断,导致切口处皮肤感觉丧失,在神经连接恢复期间,切口处皮肤在长期接触热源后容易受到热损伤,作者在临床应用中尚未发现此种情况,但是这可能与目前应用样本量较少有关,后续的临床资料仍然在持续补充中。后期将继续关注新型碳纤维恒温加热垫的患者随访资料,并根据结果随时做出相应的改进,以期此种新型加热垫能够更好地为患者服务。

作者贡献: 闫鹏进行实验设计,实验实施为崔京福、杜鹃,实验评估为郑卫东、刘金辉,资料收集为马玉斐、高旭、郝少飞,闫鹏成文,母心灵审核。

经费支持: 该文章接受了“吉林省卫生厅科研项目(2013Z036)”的资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

知情同意问题: 试验参与者均被告知风险并签署自愿使用知情同意书。

写作指南: 该研究遵守国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 该文统计学方法已经郑州市第一人民医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] 张磊.围手术期导致寒战的原因及预防措施[J].中国中医药现代远程教育,2008,6(10):1226.
- [2] 魏碧,闫红娟.围术期心理护理预防术中寒战[J].吉林医学,2011,32(21):4508.
- [3] 庄心良,曾因明,陈伯玺.现代麻醉学[M].3版.北京:人民卫生出版社,2003:2039-2044.
- [4] Lopez MB. Postanaesthetic shivering - from pathophysiology to prevention. Rom J Anaesth Intensive Care. 2018;25(1):73-81.
- [5] 杨冬,薛富善.麻醉后寒战及其防治[J].国外医学(麻醉学与复苏分册),2003,24(1):19-23.
- [6] 张淑月,朱君宇,彭延增,等.术中低体温对患者麻醉恢复期的影响及护理干预[J].中华护理杂志,2003,38(3):16-18.
- [7] Matsuzaki Y, Matsukawa T, Ohki K, et al. Warming by resistive heating maintains perioperative normothermia as well as forced air heating. Br J Anaesth. 2003;90(5):689-691.
- [8] 张苗苗,蒋奕红,杨连发.医用保温毯关键技术的研究[J].机电产品开发与创新,2008,21(6):51-53.
- [9] Wrench IJ, Singh P, Dennis AR, et al. The minimum effective doses of pethidine and doxapram in the treatment of post-anaesthetic shivering. Anaesthesia. 1997;52(1):32-36.
- [10] Forstot RM. The etiology and management of inadvertent perioperative hypothermia. J Clin Anesth. 1995;7(8):657-674.
- [11] Hart SR, Bordes B, Hart J, et al. Unintended perioperative hypothermia. Ochsner J. 2011;11(3):259-270.
- [12] Sun Z, Honar H, Sessler DI, et al. Intraoperative core temperature patterns, transfusion requirement, and hospital duration in patients warmed with forced air. Anesthesiology. 2015;122(2):276-285.
- [13] 卢彬,李强,余璇.麻醉诱导前低体温的发生率及相关影响因素的研究[J].中国现代医学杂志,2017,27(13):104-108.
- [14] 罗俊.术中低体温预防的护理进展[J].临床护理杂志,2013,12(1):49-52.
- [15] 金云霞.导致麻醉期低体温的相关因素及预防措施[J].医学理论与实践,2014,27(22):3018-3019.
- [16] 蒋静,张蕾,陈秋红.老年患者术中低体温的相关因素、危害及其对策[J].医学信息,2011,24(7):4572-4573.
- [17] 杨建凤.老年手术患者低体温的相关因素危害及预防[J].基层医学论坛,2014,18(31):4201-4202.
- [18] 林晓薇.手术期间患者低体温的预防性护理[J].中国医药指南,2014,12(29):354-355.
- [19] Boddu C, Cushner J, Scuderi GR. Inadvertent Perioperative Hypothermia During Orthopedic Surgery. Am J Orthop (Belle Mead NJ). 2018;47(7). doi: 10.12788/ajo.2018.0056.
- [20] 张晓容.术中综合保温护理对手术患者术中低体温及术后感染发生情况的影响[J].大家健康:下旬版,2017,11(1):281-282.
- [21] 邹莉,金孝炬.围术期低体温临床研究进展[J].吉林医学,2015,36(1):116-117.
- [22] 刘小颖,吴新民.围术期低体温[J].中华麻醉学杂志,2003,23(9):712-714.
- [23] Ruetzler K, Kurz A. Consequences of perioperative hypothermia. Handb Clin Neurol. 2018;157:687-697.
- [24] Reynolds L, Beckmann J, Kurz A. Perioperative complications of hypothermia. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2008;22(4):645-657.
- [25] Madrid E, Urrutia G, Roque FM, et al. Active body surface warming systems for preventing complications caused by inadvertent perioperative hypothermia in adults. Cochrane Database Syst Rev. 2016;4:CD009016.
- [26] Sessler DI, Schroeder M. Heat loss in humans covered with cotton hospital blankets. Anesth Analg. 1993;77(1):73-77.
- [27] Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. Lancet. 2016;387(10038):2655-2664.
- [28] Ruetzler K, Kovaci B, Güloğlu E, et al. Forced-air and a novel patient-warming system (vitalHEAT vH2) comparably maintain normothermia during open abdominal surgery. Anesth Analg. 2011;112(3):608-614.
- [29] Nq V, Lai A, Ho V. Comparison of forced-air warming and electric heating pad for maintenance of body temperature during total knee replacement. Anaesthesia. 2006;61(11):1100-1104.
- [30] Ozgenel GY, Ozcan M. Heating-pad burn as a complication of abdominoplasty. Br J Plast Surg. 2003;56(1):52-53.